

“Advanced Technologies of Displays”, p.82-84, 101-106, Chizuka Tani,  
first print, first edition, Kyouritsu Publishing Company, Japan, December  
28, 1998

10

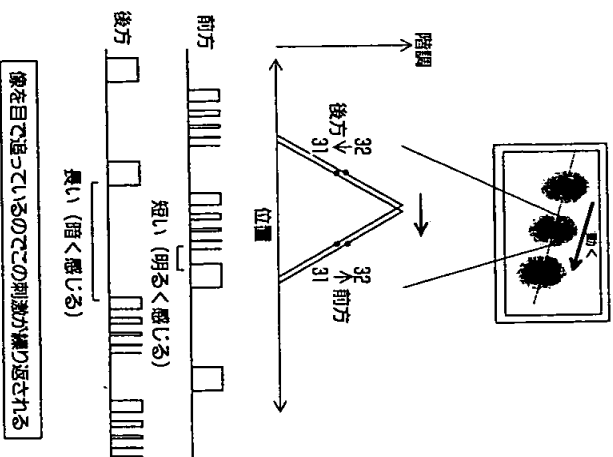
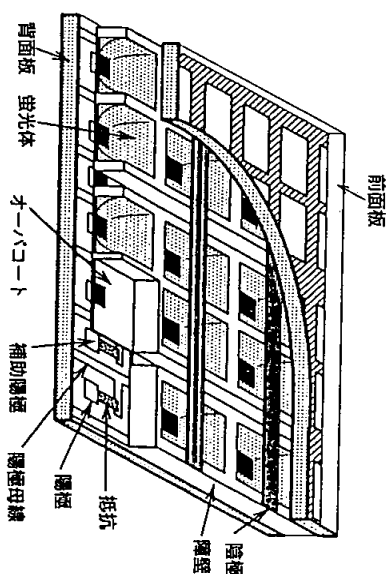


図 3.50 動画偽輪郭ノイズ発生原因

では十分な画質を提供するが、動画に対しては視線が移動するために同一場所のサブフレーム時間積分の前提が崩れ、視点移動に伴う異なるサブフレーム像を含めた積分とすることに基因するノイズ発生の問題をもつ<sup>43)</sup>。視点が移動した場合の観視者にとってのサブフレーム積分と偽輪郭ノイズ認識の様子を図 3.50 に示す<sup>44)</sup>。このノイズは画面で輝度がゆるやかに変化している部分に輪郭状に現れるので、偽輪郭ノイズとか疑似輪郭妨害と呼ばれている。偽輪郭ノイズ発生に対し、サブフレームの信号配置構成の改良などで軽減する方法などが開発されつつあり、実用的にあまり問題にならない程度には改善されてきているが、動画画の高品質化には一層の改良が望まれる。

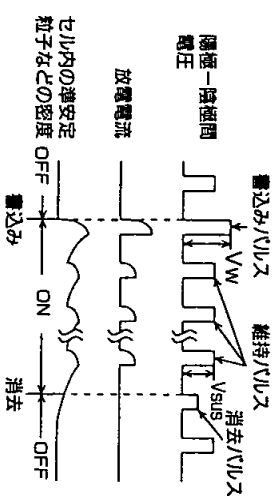
### (3) パネル構造と基本動作

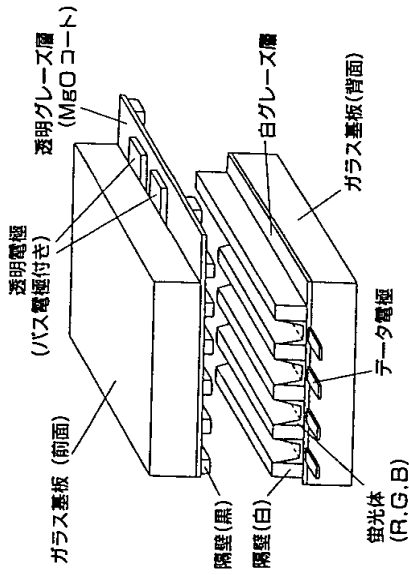
DC 型 PDP パネルの構造を図 3.51 に示す<sup>39)</sup>。パネル全面が隣接セル間の誤放電、混色防止用の隔壁（リブ）により原色画素ごとのセルに分割されている。背面ガラス基板には陽極および陽極母線と蛍光体が付設されている。各セルの陽極と母線の間には電流制限用の抵抗が挿入されている。前面基板には陽

図 3.51 DC 型 PDP パネルの構造<sup>39)</sup>

極母線と直行する陰極が形成されている。また、陽極母線と平行に補助セルが形成されていて補助陽極が付設されている。放電は対抗する陽極と陰極間で発生させる。DC 型の構造上の特徴は、井形状の障壁構造と高速動作を確実に行うための補助セル、および過大な電流を防止して長寿命化を図る目的の電流制限抵抗である。井形隔壁や補助セル構造のために、高精細化については DC 型は AC 型より難しい。製造プロセスは大部分が厚膜プロセスで可能である。

DC 型の駆動では平均輝度を上げるため前述したセル中の残留荷電粒子を利用するパルスメモリ駆動法を用いている。この駆動波形を図 3.52 に示す<sup>39)</sup>。非走査期間も書き込みパルス電圧よりも低く幅の短い維持パルスを連続的に印加

図 3.52 パルスメモリ駆動法の信号波形<sup>39)</sup>

図3.53 AC型PDPパネルの構造<sup>45)</sup>

することにより、セル内の荷電粒子が継続して残留し低いパルス電圧で放電が継続される。

現在AC型の主流になっている3電極AC型PDPパネルの構造を図3.53に示す<sup>45)</sup>。AC型パネルではDC型と違ってガス室が一方方向すなわち溝状に隔壁によって仕切られ、背面基板上にはその溝ごとにデータ（アドレス）電極とその上に蛍光体が形成されている。前面基板側にはデータ電極と直行する面放電用の表示電極（走査維持電極、共通維持電極：透明電極）と、その上に重ねたAC型の特徴である誘電体層/保護層が形成されている。保護層（カソードとも呼ばれる）には一般に2次電子放出利得が高いMgOが使用される<sup>46)</sup>。カソード材料は放電開始の低電圧化や長寿命化に重要な働きをする。

AC型PDPの製造プロセスを図3.54に示す。一般に透明電極はITOのスパッタで形成され、誘電体層および隔壁はスクリーン印刷などで形成される。MgOは真空蒸着で厚み0.5~1μm程度に誘電体層上に形成される。隔壁は高さが100~200μmもあるもので、スクリーン印刷で作る場合は10回程度高さが必要があり、工数、位置合わせ精度などに問題がある。最近、厚く塗布した隔壁材料上にドライフィルムをラミネートし、露光現像したあと研磨剤を吹き付けて切削パターン化するサンドライバースト法が多く用いられるようになってきている。

AC型PDPでは書き込みアドレスには背面基板のデータ（アドレス）電極と

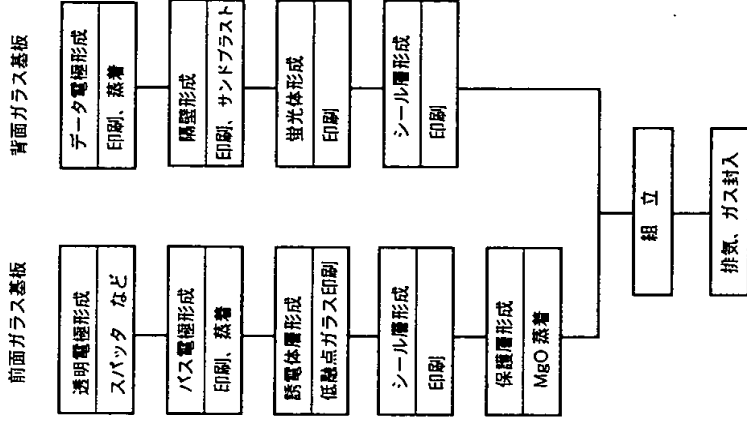


図3.54 AC型PDPの製造プロセス

前面の走査維持電極、共通維持電極との対向電極間の信号印加で行い、放電の維持は前面基板上の表示電極一対による面放電で行う。AC型PDPの駆動波形例を図3.55に示す。1フィールドはアドレス期間と維持放電期間および消去期間に分けられ、アドレス期間では最初に後の高速動作を安定化させるための予備放電（プライミング）パルスが印加された後、書き込み走査パルスが線順次に印加される。書き込み時間は3~4マイクロ秒程度である。維持放電期間には隣接する表示電極間に放電開始電圧以下の放電維持パルス列を印加して発光を維持する。最後に消去パルスを印加して壁電荷を初期化する。AC型ではプライミングを表示セル内で行うため、プライミングによる発光分が表示コントラストを低下させる問題があったが、最近では駆動方法の改良などにより実用的にはほぼ問題とならなくなっている。

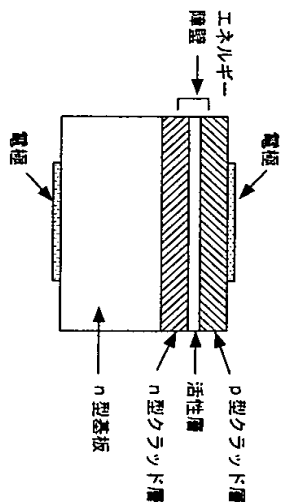
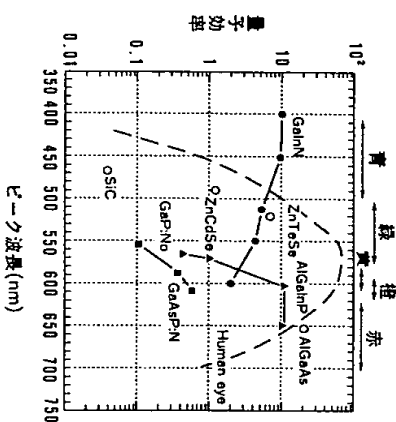


図3.72 グラブルヘテロLEDの構造

導体レーザーの分野で開発された構造であるが、発光層から電荷を逃さない効果をもつために発光効率が向上する。AlGaAs, GaInN などのLED はDH構造を採用している。

## (2) 発光材料とフルカラー表示化

LEDでは、従来から赤系、緑系は他に問題はあるものの光度1cd以上の材料があったが、青色だけは前述した困難さから桁違いに低い光度の材料しかなかった。ところが1993年に日亜化学工業から大幅に効率を改善した窒化ガリウム系の高輝度青色LEDが発表され<sup>57)</sup>、さらに同窒化ガリウム系の高輝度の純緑色LEDの発表・製品化もされて、LEDのフルカラー表示化への開発・実用化が急速に進展した。この窒化ガリウム系LEDは薄いInGaN発光層をGaInとAlGaInで挟んだ構造となっている。青色LEDのピーク波長は450nm、光度2cd、緑色LEDは525nm、6cdである。

図3.73 発光材料の波長と効率<sup>58)</sup>

LEDに用いられる最近の半導体材料の発光波長と効率の関係を図3.73に示す<sup>58)</sup>。赤色発光にはAlGaAs、黄色～赤色にはAlGaInP、青色～緑色にはInGaInP系の材料が適しており、フルカラ

ー表示のための高輝度の3原色LEDが一応揃ったと言える。これらの材料を使った屋内外用のフルカラー大画面ディスプレイの開発・製品化の急進展は目覚ましく、大都市の街角では数千cd/m<sup>2</sup>程度の高輝度フルカラーLED表示ボードを目にすることが多くなっている。

また、これらのLEDは高輝度性と高信頼性を買われて屋外の交通標識や車のストップランプなどにも採用されるようになった。

## 3.4 新しい表示デバイス

本節では、今後の発展が期待されている開発中あるいは一部実用化中の新しい2つのフラットパネルディスプレイデバイスについて、その基礎技術と先端の技術動向を併せて述べる。

### 3.4.1 FED (電界放射ディスプレイ)

#### (1) 動作原理と基本構造

FED (Field Emission Display: 電界放射ディスプレイ) は、CRTやVFDと同様にカソードルミネッセンスを基本原理とする発光型表示デバイスであるが、CRTやVFDが熱電子源を利用しているのに対し電界で電子を真空中に放出するコールドカソード (冷陰極) を電子源としている点が大きな相違点である。カソードにはトンネル効果で電子を引き出すフィールドエミッタやMIM素子などがある。画素へのアドレスの仕方は、CRTのような電子ビーム走査ではなく、VFDのような電極制御方式の部類に入る。したがって、フラットCRT方式の1種と捉えることもできる。

FEDの開発は、フランスの国立研究機関LETIのメイヤー (R. Meyer) が先端が鋭く尖った多数の微小円錐状フィールドエミッタ (スピント型) のアレイを用いて表示動作実験を行い、1986年に日本で開催されたディスプレイ国際会議で発表したのが最初である<sup>59)</sup>。このときの実験はモノクロ32×32画素のデバイスを真空ベルジャ内で動作させた初歩的なものであったが、しばらくおいてLETIから1990年に6"のモノクロフラットパネルディスプレイ、1991年にカラーのフラットパネルディスプレイの試作報告が行われると途端

に世界の注目を浴び、各所でFED技術の研究開発が開始されるようになってきた。

FEDは、基本的には電子を放出するエミッタ（カソード）と蛍光体を塗布したアノードおよび放出電子を制御するゲート（グリッド）から構成される。エミッタは一般に半導体微細加工技術を用いて作られる $1\mu\text{m}$ オーダの微細円錐形状で、得られる放射電流は1個当たり $1\sim 100\mu\text{A}$ 程度なので高密度に集積して画素カソードとする。アノードには $100\text{V}\sim 10\text{KV}$ 程度の加速電圧を印加する。カソードとアノード間のギャップは加速電圧に対応して $100\mu\text{m}$ から $5\text{mm}$ 程度である。

FEDの分類では、一般にアノード電圧 $1\text{kV}$ 程度以上の高電圧型と $1\text{kV}$ 程度以下の低電圧型に大別する。また、エミッタの形態上では縦型（スピント型）と平面型（薄膜型）に分類される。まず実用化され始めたFEDはスピント型エミッタを用いた低電圧型である。図3.74はスピント型エミッタを用いたFEDの模式的構造を示す。エミッタはMoなどの金属の蒸着やシリコンなどのドライエッチングによりガラス基板あるいはシリコンウェハ上に形成するが、先端は鋭く尖らせる。アノードには透明導電体ITOなどを使用し、その上に蛍光体が塗布される。パネルの内部は通常 $10^{-7}\text{Pa}$ 以下の高真空に保たれる。使用する蛍光体とカソード/アノード電極間ギャップは高電圧型と低

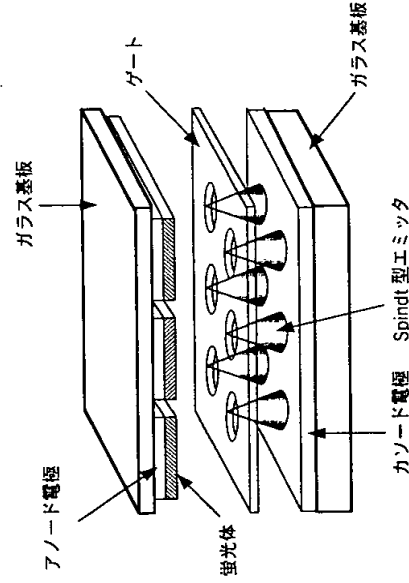


図3.74 FED構造の一般的概念図

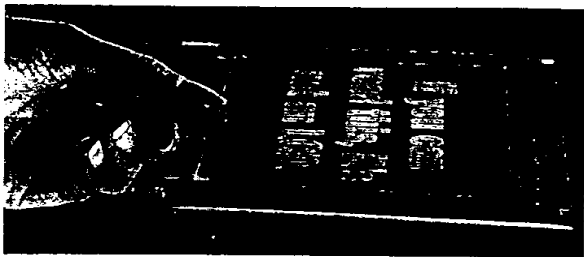
電圧型で異なる。高電圧型では主にCRT用の蛍光体の利用が行われているが、低電圧型の場合は励起条件などの違いによりVFD用の蛍光体をそのまま利用することは一般に難しく、フルカラー化には専用の蛍光体の探索、開発が必要である。モノクロ表示ではVFDにも使用されている緑色発光の $\text{ZnO}$ ： $\text{Zn}$ が実用レベルにある。カソード/アノード電極間ギャップは絶縁破壊防止の条件などから、高電圧型では $1\sim 5\text{mm}$ 、低電圧型では $200\sim 300\mu\text{m}$ 程度である。

一方、金属薄膜からの電子放出を利用する薄膜（平面）型エミッタ構造も種々研究されている。薄膜型にはエミッタからの電子放出が基板に平行なタイプと垂直なタイプがあるが、最近両方式において相次いで高輝度化、高効率化の開発報告が行われている。これらについては次項で述べる。

#### (2) 先端開発動向と課題

LETIから最初に発表されたカラーFEDは、基本構造は図3.74に示したもので、画面サイズ $6"$ 、表示容量 $256\times 256$ 画素の低電圧型である。エミッタチップ密度は約 $10^4/\text{mm}^2$ で、アノードにはカラー表示が可能のようにR、G、Bの蛍光体が塗布されたものである。輝度はアノード電圧 $400\text{V}$ で $300\text{cd}/\text{m}^2$ 、寿命は $5000$ 時間と報告されているが、寿命はその後の改良により $1$ 万時間程度に改善されている。この方式のFEDは、その後LETIとライセンスマ約をした米国のPixTech社（旧Pixel International）が実用化を進め、 $1995$ 年に図3.75に示す緑色モノクロの $5.2"$ 、 $1/4\text{VGA}$ （ $320\times 240$ 画素）ディスプレイを初めて発売している<sup>60)</sup>。輝度は $200\text{cd}/\text{m}^2$ 、消費電力は $2\text{W}$ 程度である。写真でも示されているように視野角は広くLCDを超えるフラットパネルディスプレイとして米国では期待されたが、小さな画面のパネルソースでは視野角は製品価値の決定的要因とはならず、しかもカラー表示が主流になってきた市場環境では普及は困難なようである。したがって、FEDが本格的ディスプレイ製品として市場に受け入れられるためにはカラー表示化が必須と言える。

最近、日本や韓国でもFEDの開発が活発になり、相次いで進展したカラー表示FEDの開発・発表がなされている。その1つは $1997$ 年に双葉電子工業から発表公開されたPixTech社と同じスピント型フィールドエミッタ/低電圧

図 3.75 モノクロ FED の製品<sup>60)</sup>図 3.76 ストリート型エミッタによるカラー FED 画面<sup>61)</sup>

型構造をもつ 5", 320×240 画素, 26 万色表示 (64 階調) のカラー FED である<sup>61)</sup>。図 3.76 に表示画面を示す。アノード電圧 400 V, 消費電力 4 W で輝度 80 cd/m<sup>2</sup>を得ている。R, G, B 蛍光体の発光効率はおのおの, 0.4 lm/W, 0.96 lm/W, 0.44 lm/W である。輝度は OA 用途などには一応十分であるが, 明所でのコントラストがまだ低い。

一方平面型エミッタ方式では, 1996 年にキヤノンから SCE 方式と呼ばれる新しい構造と電子放出機構の薄膜エミッタと高電圧構造を用いた高輝度のカラー FED の開発が発表され大きな反響を呼んだ。翌 1997 年にはこの SCE 方式を用いた 10", 240×240 画素の FED 試作品が上記双葉電子工業の FED と並んで同じ国際会議 SID'97 シンポジウムで発表公開された<sup>62)</sup>。図 3.77 に SCE 方式 FED の構造を, 図 3.78 にその表示画面を示す。エミッタはガラス基板上に付設された厚さ 10 nm 程度の PdO 薄膜で, 中央にやはり 10 nm 程度のスリットが形成されている。このスリットの製法は高電圧を印加した際に極細な裂け目が生じる現象を利用している。この薄膜のスリットに 10 V 程度の電圧を印加すると, 片側の PdO 膜から電子が膜外へ飛び出しもう一方の PdO 膜に

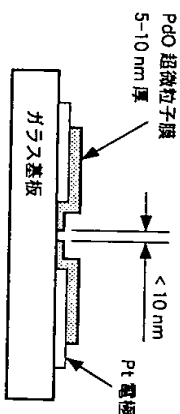


図 3.77 SCE 方式エミッタの構造

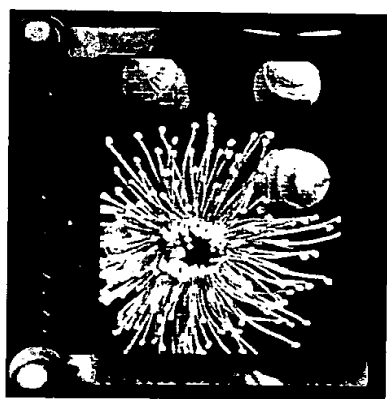
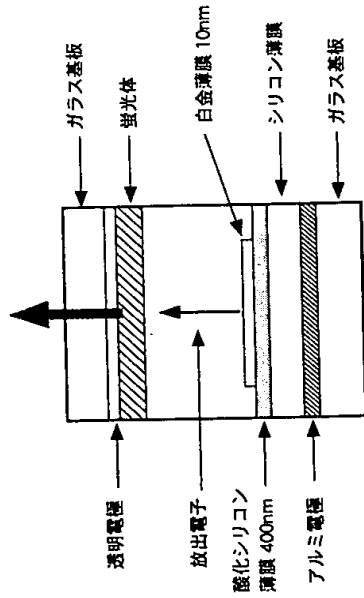
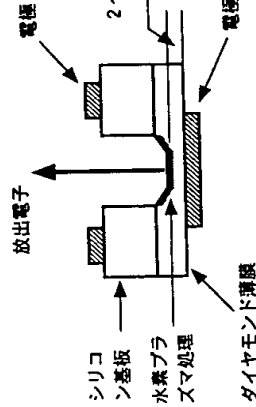


図 3.78 SCE 方式 FED の表示画面

向かう。このとき, アノードに高電圧が印加されていると飛び出た電子の一部が方向を変えてアノードに引き込まれ, アノード上の蛍光体を励起する。アノード電圧は 6 kV で, 従来より 1 桁も高い 690 cd/m<sup>2</sup>もの高輝度と 256 階調 (1670 万色), 暗所コントラスト 1000:1 以上を得ている。蛍光体は CRT 用の材料を使用している。今回の試作品は画素ピッチが粗いため, 見た目の画質はあまり良くないが非常に高い表示性能ポテンシャルを有している。消費電力はカラー LCD よりは大きいようであるが, カラー PDP よりは低いと考えられる。またカラー PDP より高輝度が得られることから, 効果的な真空耐圧構造が開発されれば大画面壁掛けテレビディスプレイの有望なデバイス候補になりえると思われる。

SCE 方式以外にも新しい平面型エミッタの開発・提案が日本から行われている。1 つは MIS 構造のエミッタで, 図 3.79 に示すように, 酸化シリコン薄膜を白金薄膜とシリコン薄膜で挟んだ構造をしている<sup>63)</sup>。酸化シリコン薄膜の膜厚は 400 nm 程度で, 90 V 印加の場合 1.8 mA/cm<sup>2</sup>の放出電流が得られ, 電子放出効率は従来より 100 倍近く高い 30 %程度と報告されている。加速電圧を 5 kV にすると 80 kcd/m<sup>2</sup>の輝度が期待できると推定されている。また負の電子親和力をもつダイヤモンド薄膜を用いた研究例では, 図 3.80 に示す構造とすることにより従来より 10 倍以上高い電子放出効率を得られるとの発表もなされている<sup>64)</sup>。

図 3.79

図 3.79 MIS 方式平面型エミッタ<sup>63)</sup>図 3.80 ダイヤモンド薄膜方式平面型エミッタ<sup>64)</sup>

このように FED 技術の最近の進展は目覚ましいが、本格的ディスプレイとしての実用化にはまだ課題も多い。第 1 に信頼性の確認であろう。高真空下で蛍光体やアノードから微量放出される分解ガスに対して安定に長期間動作するエミッタや蛍光体、パネル材料・構成の確立が必要である。第 2 に、フルカラー表示色度域や明所コントラストなどに高画質を得るための蛍光体材料およびパネル構造の確立である。第 3 に高精細表示に対応できる画素間クロストークのないパネル構造の確立、第 4 に大面積パネルを真空度の確保や、奥行き、重量などを実用レベルで実現するパネル構造の確立などが必要と考えられる。また、実用化が進めば消費電力やコストの低減なども重要な課題に浮上してくると思われる。

### 3.4.2 有機 EL

#### (1) 動作原理と基本構造

有機 EL は発光層などに有機化合物を用いた発光型表示デバイスで、EL と称しても電流注入型の動作機構なので動作類型で言えば無機の発光ダイオードの部類に入る。しかし、無機の発光ダイオードと異なり薄膜の面で発光をする点が無機 EL と同じであるため一般には有機 EL あるいは有機薄膜 EL と呼ばれている。有機 EL 現象も以前はアントラセンなどの単結晶で研究されていたため高電圧が必要であり、また発光輝度・効率も非常に低かったのでディスプレイデバイス開発の対象にはなっていなかった。

しかし、1987 年にコダック社から新しい薄膜による 2 層構造の高輝度有機 EL が発表されてから<sup>65)</sup>、急激にディスプレイへの開発が活発になってきた。コダックの発表した有機 EL は蒸着発光層に電子輸送性のアルミキレート錯体、正孔輸送層にジアミン誘導体を用いた 2 層構造を採用し、以前の千倍もの 1000 cd/m<sup>2</sup> 以上の高輝度を得ている。この大幅な高輝度化は 2 層構造によるキャリアの発光層への閉込め効果により再結合効率が飛躍的に向上したためと考えられている。発光色は緑で、発光効率は 1.5 lm/W、外部量子効率は 1.3 % である。ただこの時点では動作寿命はまだ 100 時間程度（通常輝度半減期）と短かった。その後、日本を中心にコダック型有機 EL の活発な改良開発が行われ、材料や膜界面の改善およびさらに効率を向上させる 3 層構造の採用などにより、現在寿命は 1 万時間以上、発光効率も 10 lm/W 以上が得られるようになり、モノクロディスプレイとしては実用レベルに至っている。有機 EL の特長は、低電圧で高輝度が得られる、超薄型・超軽量化が可能、有機化合物は無機材料と違って多様な材料を合成できるためフルカラー表示実現の可能性が高い、などである。

図 3.81 は 2 層構造および 3 層構造の有機 EL における発光動作のエネルギーバンドモデルを示す<sup>66)</sup>。コダック型素子に代表される 2 層構造では発光層は電子注入性を有し、接合する正孔輸送層のジアミンは発光層の電子に対しブロッカー（障壁）として作用する。この素子に順方向の電圧が印加されると電子は発光層の正孔輸送層との界面付近に貯まり正極から注入された正孔と有効に再結合し、発光が生じる。さらに陰極側に正孔ブロッカー性の電子輸送層を追加



著者紹介

谷 千束 (たに ちづか)

1966年 東京工業大学工学部電気工学科卒業  
現在 日本電気㈱研究開発グループ主席技師長  
日本液晶学会理事  
著書 【光と情報】(科学技術庁)

先端光エレクトロニクスシリーズ1  
ディスプレイ先端技術

1998年2月28日 初版1刷発行

著者 谷 千束 ©1998

発行者 南條光章

発行所 共立出版株式会社  
東京都文京区小日向4-6-19

電話 03-3947-2511 (代発)  
郵便番号 112-8700 / 振替口座 00110-2-57035

印刷 壮光舎印刷

製本 関山製本

検印廃止  
NDC 549.53



ISBN 4-320-08551-5

Printed in Japan

